动 物 学 研 究 2004, Aug. 25 (4): 304－310 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research

基于 RS 和 GIS 技术的河北省鸡形目鸟类分布格局

李东明[1]，孙立汉[2]，高士平[2]，吴跃峰[1,*]
（1. 河北师范大学 生命科学学院，河北 石家庄 050016；2. 河北省地理科学研究所，河北 石家庄 050011）

摘要：收集和整理河北省鸡形目鸟类的分布资料，借助 GIS 的绘图功能，把解译的遥感影像数据数字化为植被类型图和地貌图；根据文献和标本记录的地理位置和野外考察记录，做出河北省鸡形目鸟类的点分布图；根据鸡形目鸟类与其生境之间的相互依赖关系，定义鸡形目鸟类的适宜生境类型，利用 GIS 技术的分析、提取和叠加功能，提取每种鸡形目鸟类的适宜生境类型图，预测河北省鸡形目鸟类的总体分布格局。结果表明：河北省鸡形目鸟类物种丰富度地区主要集中在坝上高原区和燕山太行山山地区；河北省鸡形目鸟类可分为全省广布种（鹌鹑和雉鸡）、燕山太行山山地和坝上高原分布种（石鸡、斑翅山鹑、勺鸡）和局部地区特征种（黑琴鸡、黑嘴松鸡、花尾榛鸡、褐马鸡）3 种类型。

关键词：RS；GIS；河北省；鸡形目；分布格局
中图分类号：Q959.725；Q958 **文献标识码**：A **文章编号**：0254－5853(2004)04－0304－07

Galliformes Distribution in Hebei Province Based on RS and GIS Techniques

LI Dong-ming[1], SUN Li-han[2], GAO Shi-ping[2], WU Yue-feng[1,*]
(1. *Institute of Life Science*, *Hebei Normal University*, *Shijiazhuang*, *Hebei* 050016, *China*;
2. *Hebei Institute of Geography Science*, *Shijiazhuang*, *Hebei* 050011, *China*)

Abstract: The geographical distribution of Galliformes in Hebei Province was analyzed by use of the correlative references of the distribution. The RS image was digitized to the vegetation map and the geomorphologic map utilizing the drawing function of GIS techniques. The dot distribution of the Galliformes was drawn with GIS techniques from the records of the references and the specimens and field survey. The suitable habitat of the Galliformes was defined through the relationship of birds and the environment. The suitable habitat types of every species was picked up and the distribution of the Galliformes in Hebei Province was forecasted by use of the function of analyzing, picking-up and splicing. The result shows that the Galliformes in Hebei Province mainly distribute in the Taihang-Yanshan Mountains and the Bashang plateau, and that they can be divided into three types, namely, the species distributing in the whole province (*Coturnix coturnix* and *Phasianus colchicus*), the species distributing in the Taihang-Yanshan Mountains and the Bashang plateau (*Alectoris chukar*, *Perdix dauuricae* and *Pucrasia macrolopha*), and the species distributing in specific parts (*Lyrurus tetrix*, *Tetrao parvirostris*, *Bonasa bonasia* and *Crossoptilon mantchuricum*).

Key words: RS; GIS; Hebei Province; Galliformes; Distribution

传统的动物地理学和生态学的研究方法在动物分布研究中有许多缺陷，如点分布图上的空白区并非没有物种分布，分布范围内往往还包含着不适宜的生境等（Scott et al, 1993）。因而 Scott et al (1993) 提出了保护生物多样性的地理学方法——GAP（geographic approach to protect biological diversity）分析方法。即通过来自卫星影像的植被资料，利用 GIS（geographical information system）技术的数字地图层确定物种的分布地区，找出物种丰富度高的地区，确立为区域生物多样性保育与保护区。

收稿日期：2003－12－31；接受日期：2004－04－12
基金项目：河北省科学院科研基金项目
* 通讯作者（Corresponding author），Tel：0311－6268231，E-mail：wu-yuefeng@263.sina.com

利用GIS技术可以提取不同种动物适宜的植被类型和地形地貌特征，并且能够把不同特征的数据和不同动物的分布区数据进行叠加集成，从整体水平和多物种水平研究动物的分布格局。GIS技术已经运用于动物多样性分布格局（Lei et al，2002；Zhou & Ma，2002）和栖息地分布（Qu et al，2002）研究。RS（remote sensing）技术利用遥感影像资料，能够高精度地定位、定量到某一地块，直观地判读地物特性和资源的现势信息（Sun et al，1997）。近年来，RS和GIS技术结合逐渐用于分析和评价某种动物的栖息地（Austin et al，1996；Li ZX et al，1996；Li et al，1999；Li & Wang，2000），进而研究和评价某种动物的生境适宜性（Smith et al，1997；Lauver et al，2002），这一结合使得研究结果更加全面、客观。

鸟类分布与环境的关系十分密切，对环境变化甚至微小的波动都很敏感，鸟类通常被看作理想的生物指示种（Zhao & Lei，2002）。我国鸡形目鸟类有58种（Zheng，2002），目前正面临着分布区面积缩小、栖息地质量下降、滥捕乱猎等外部因素的威胁。同时，鸡形目鸟类大多数种类具有性成熟较晚、繁殖率较低、孵化期较长、对环境变化敏感等特点，致使许多野生鸡类处于濒危状态（Zheng & Wang，1998）。除鹌鹑是唯一有迁移习性的种类外，其余迁移范围小、分布区又相对较为固定，因此鸡形目鸟类比别的类群更加依赖其生存的植被特征、地形地貌和气候特征。

笔者尝试利用RS和GIS技术，通过所掌握的河北省鸡形目鸟类的分布资料及植被、地形地貌等环境特征数据，根据鸡形目鸟类与生境之间的相互依赖关系，预测河北省鸡形目鸟类的分布格局，从宏观尺度上探讨其分布规律。

1 自然地理概况

河北省地处我国东部沿海、华北平原北部兼跨内蒙古高原，位于36°05′—42°37′N，113°11′—119°45′E，中纬度欧亚大陆东岸（Zheng，1988）；属于温带湿润半干旱大陆性季风气候，大部分地区四季分明，差异显著。年均气温0～13 ℃，年均降水量300～800 mm，年日照时数2 400～3 100 h，年无霜期120～200 d（Zheng，1988）。

河北省地势西北高，东南低，由西北向东南倾斜。其西北部为燕山太行山山地和坝上高原，其间分布有盆地和谷地；中部和东南部为广阔的华北平原；东部濒临渤海。地貌类型特征鲜明。海拔高差很大，坝上高原在1 000～1 500 m，山峰在2 000 m以上，华北平原不足50 m。植被类型属于中温带落叶阔叶林区与高寒草原干旱荒漠区两个植被区的中间类型。鸟类地理区划分为4个鸟类区系：坝上高原区、燕山太行山山地区、平原区和滨海海岛区（Sun & Zhuang，1992）。

2 材料和方法

2.1 研究对象

河北省有鸡形目鸟类2科10种，占全国的17.2%。其中黑嘴松鸡（*Tetrao parvirostris*）、褐马鸡（*Crossoptilon mantchuricum*）为国家Ⅰ级重点保护鸟类，黑琴鸡（*Lyrurus tetrix*）、花尾榛鸡（*Bonasa bonasia*）、勺鸡（*Pucrasia macrolopha*）、白冠长尾雉（*Syrmaticus reevesii*）为国家Ⅱ级重点保护鸟类，雉鸡（*Phasianus colchicus*）、石鸡（*Alectoris chukar*）、鹌鹑（*Coturnix coturnix*）、斑翅山鹑（*Perdix dauuricae*）均为国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的鸟类。

白冠长尾雉为典型的地栖性鸟类，栖息于海拔600～2 000 m茂密的落叶阔叶林和针阔混交林的悬崖陡壁下的山谷中。从中国科学院动物研究所的馆藏标本记录中发现，1921年在河北省兴隆曾经采到过标本；Gee（1926）在《A Tentative List of Chinese Birds》中也记载河北东陵有该种分布；Shaw（1936）曾经提及在河北东陵可能有白冠长尾雉分布；但80年代以后，对河北省鸟类的历次调查中均没有发现其踪迹，笔者认为白冠长尾雉在河北省可能已经灭绝。此外，由于缺少土地覆盖裸岩解译数据，而石鸡又多生活于山区裸岩地带。因而未预测白冠长尾雉，也没有根据植被特征和地形地貌特征预测石鸡在河北省的分布格局。

2.2 资料来源

鸡形目鸟类分布资料主要来源于笔者2000—2003年的野外实地考察。部分黑琴鸡、斑翅山鹑、勺鸡的分布资料来自于河北师范大学、河北省地理科学研究所收藏标本记录。部分鸡形目鸟类栖息地特征资料引自于近年来公开发表的文献和资料（Li CQ et al，1996；Hou et al，1997；Zhao et al，1997；Zhang & Li，1999；Zhao，2001）。

河北省环境特征资料来源于1998年9月美国

陆地资源卫星 TM（thematic mapper）影像（分辨率为 30 m）。通过对 TM4、3、2 三个波段影像的解译，将河北省植被划分为 10 种类型：落叶阔叶林（包括栎树、桦树、洋槐、杨树和旱柳）、常绿针叶林（主要为油松林）、针阔混交林（主要为云杉白桦林）、落叶针叶林（主要为华北落叶松）、灌丛（由酸枣、绣线菊、山杏、野皂荚等组成）、草丛（由白羊草、黄背草、野古草、长芒草组成）、草甸草原（由狼针草、羊草、隐子草、铁杆蒿组成）、草原（由阿尔泰针矛、百里香组成）、草甸（由披针叶苔、赖草、碱蓬、芦苇等组成）和农业植被（包括小麦、玉米、花生、水稻、棉花等）；将地形地貌划分为高原、山地（丘陵和盆地）、平原、台地、湿地等不同类型。

2.3 技术方法

借助 GIS 软件绘图功能，把解译的遥感影像图数字变成各种植被类型、群系等分类等级的植被图和地貌图。

根据鸟类与植被的关系，把来自于文献和标本记录的地理位置转换为地理坐标，再把这些地理坐标和野外考察记录标注在河北省植被图中，用 GIS 软件做出鸡形目每一种鸟类在河北省的点分布图。

根据鸡形目鸟类与植被类型、地貌类型的相互依赖关系，定义每种鸡形目鸟类的适宜生境类型；利用 GIS 软件提取每种鸟类的适宜生境特征，得到每种鸟类的适宜生境图，即鸡形目每一种鸟类的分布格局；进而叠加每种鸟类的分布图，得出河北省鸡形目分布格局和物种丰富度高的地区（具体技术流程见图 1）。

3 结果与分析

3.1 河北省鸡形目鸟类的点分布格局

从河北省鸡形目鸟类点分布图（图 2）可以看出，河北省鸡形目鸟类的分布特点主要表现为局部地区物种丰富度较高，且数量较多。这些地区主要集中植被类型复杂的坝上高原区和燕山太行山山地区，尤其是承德、张家口地区和石家庄的西南部地区，其代表种类为黑琴鸡、斑翅山鹑、石鸡、雉鸡等；而在植被类型相对单一的平原区和滨海海岛区物种丰富度较低（主要种类是遍布于河北省的雉鸡和鹌鹑），且数量较少。

3.2 河北省鸡形目鸟类的总体分布格局

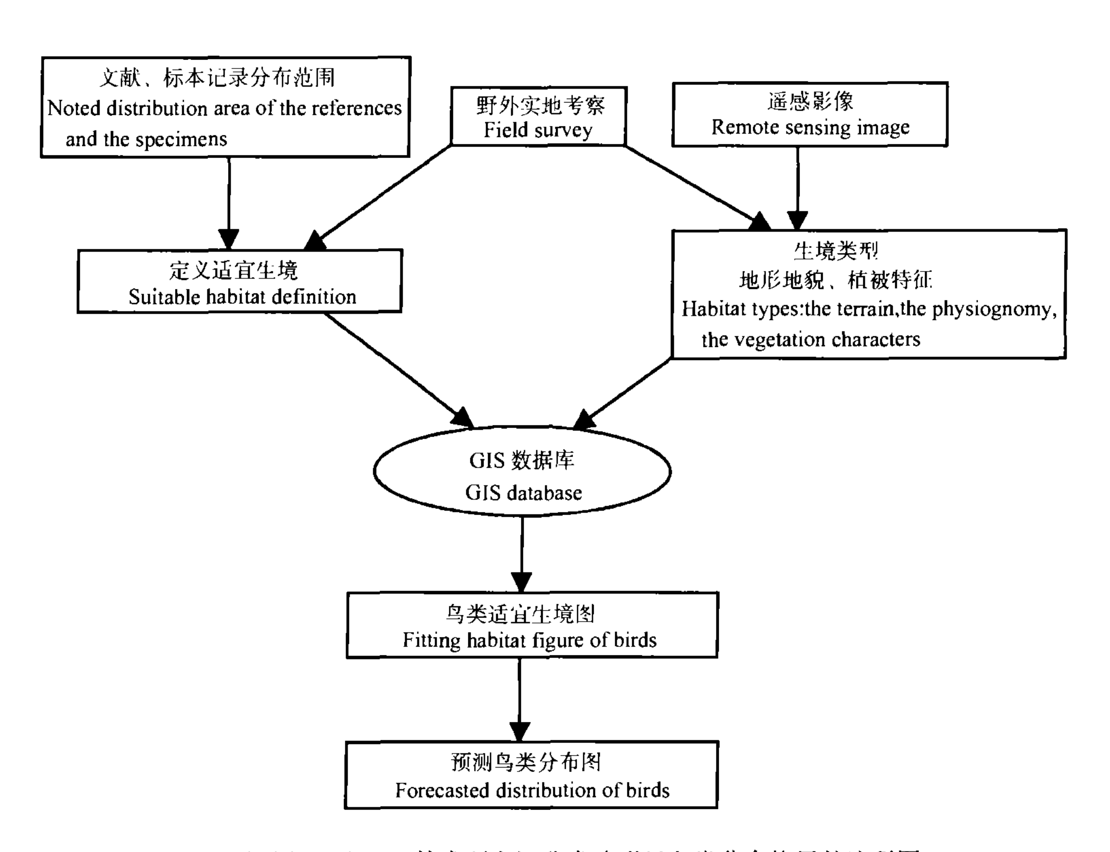


图 1 运用 RS 和 GIS 技术研究河北省鸡形目鸟类分布格局的流程图

Fig. 1 Flow chart of the distribution of the Galliformes in Hebei Province on RS and GIS techniques

预测的河北省鸡形目鸟类的总体分布格局如图 3 所示。根据不同地区的鸟类分布特点，将河北省鸡形目 10 种鸟类（白冠长尾雉已绝灭）分为河北省广布种、燕山太行山山地区分布种和局部地区特征种 3 种类型。

3.2.1　河北省广布种　广布种有两种：鹌鹑和雉鸡。在河北省分布的鹌鹑为鹌鹑普通亚种（*C. c. japonica*），广布于河北省的绝大部分地区，栖息于干燥而近水的生境，如杂草丛生的水边、沼泽边缘的草地、稀疏的林间空地、开旷的草地和农田等。

雉鸡广泛分布于河北省的大部分地区。有 3 个亚种：分别为分布于北部（承德、唐山、秦皇岛地区）燕山山脉的雉鸡河北亚种（*P. c. karpowi*）、分布于西北和西南部太行山山脉的雉鸡内蒙亚种（*P. c. kiangsuensis*）和分布于南部地区的雉鸡华东亚种（*P. c. torquatus*）。虽为广布于河北省的种类，但雉鸡的种群数量在坝上高原区、燕山太行山山地区明显高于滨海海岛区和平原区。该种栖息于农田附近的丘陵、山区灌丛、山麓草场草丛、林缘草地和江湖边的苇塘中。

3.2.2　燕山太行山山地区和坝上高原区分布种　燕山太行山山地区和坝上高原区分布种有 3 种：石鸡、斑翅山鹑和勺鸡。石鸡为燕山、太行山山脉的优势种。在河北省分布的为石鸡华北亚种（*A. c. pubescens*），广泛分布于燕山、太行山山地，栖息于低山干燥山谷、丘陵的岩坡和砂坡，多活动于裸岩地带。

斑翅山鹑是燕山、太行山山脉和坝上高原地区的常见种。在河北省分布的为斑翅山鹑华北亚种（*P. d. suschkini*），广布于燕山、太行山山地和坝上高原地区，栖息于灌丛草地、山麓田野、草原、低山丘陵、农田荒地及林草过渡地带。

在河北省分布的勺鸡为勺鸡河北亚种（*P. m. xanthospila*），分布于河北的燕山山地和北部的太行山山地地区，主要栖息于高山针阔叶混交林、针叶林密生灌丛的多岩坡地环境中。

3.2.3　局部地区特征种　局部地区特征种有 4 种：黑琴鸡、黑嘴松鸡、花尾榛鸡、褐马鸡。在本区内分布的黑琴鸡为黑琴鸡北方亚种（*L. t. baikalensis*），为典型的山地森林鸟类。该亚种仅分布于承德围场的御道口自然保护区、滦河上游自然保护区、塞罕坝国家森林公园和红松洼国家级自然保护区，栖息于针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林等森林与草原开阔的过渡带或有茂密灌丛的沿河地带。

黑嘴松鸡为黑嘴松鸡指名亚种（*T. p. Parvirodtris*），为典型的针叶林鸟类。多次野外考察均未见其踪迹，而文献记载它分布于河北兴隆的古北口，主要栖息于针叶林、针阔混交林和落叶阔叶林中（Shaw，1936）。

花尾榛鸡为花尾榛鸡黑龙江亚种（*T. b. amurensis*），为典型的小型森林鸟类。该亚种仅分布于承德兴隆的雾灵山国家级自然保护区的中山带和亚高山带及周边地区，栖息于寒温带的针叶林、针阔混交林、落叶阔叶林中。

褐马鸡仅分布于河北西部山地，即小五台山国家级自然保护区及其附近地区，包括蔚县、涿鹿、涞源、涞水和北京地区的东灵山。褐马鸡栖息于针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林中多草灌丛地段和林缘的低山丘陵地带。

4　讨　论

4.1　不同的环境特征决定了河北省鸡形目鸟类的空间分布格局

河北省西北由燕山太行山山地和坝上高原组成。燕山和太行山山地包括中山、低山、丘陵和山间盆地 4 种地貌类型，山地面积占全省总面积的 48.1%。坝上高原属蒙古高原的一部分，是暖温带和温带的过渡区，为森林和草原、农田和牧草地的过渡地带，是河北省内典型的生态交错带，占全省总面积的 8.5%（Sun & Zhuang，1992）。坝上高原和燕山太行山山地两区内植被覆盖率高，植被的垂直分布现象显著；地形地貌复杂多样；加上人口密度较小，人类活动范围较为固定。这些因素为鸡形目鸟类提供了良好的栖息和繁殖生境，因而该区内不仅分布有广布种（如雉鸡）和区域种（如石鸡、斑翅山鹑、勺鸡等），还分布一些局部特征种（如黑琴鸡、黑嘴松鸡、花尾榛鸡、褐马鸡）。

河北省东南由河北平原和滨海海岛组成，海拔差异较小。河北平原是华北大平原的一部分，全区面积占全省总面积的 43.4%（Sun & Zhuang，1992）。从 RS 影像中可以看出，河北平原区和滨海海岛区主要由人工生态系统组成，区内 90% 以上为农田，林草地覆盖率较低，地形地貌类型单一，加之区内人口密度较大，人类活动相对频繁，因而本区内只有一些常见种，如鹌鹑、雉鸡。

在河北省区域鸟类多样性分析中，平原区和滨

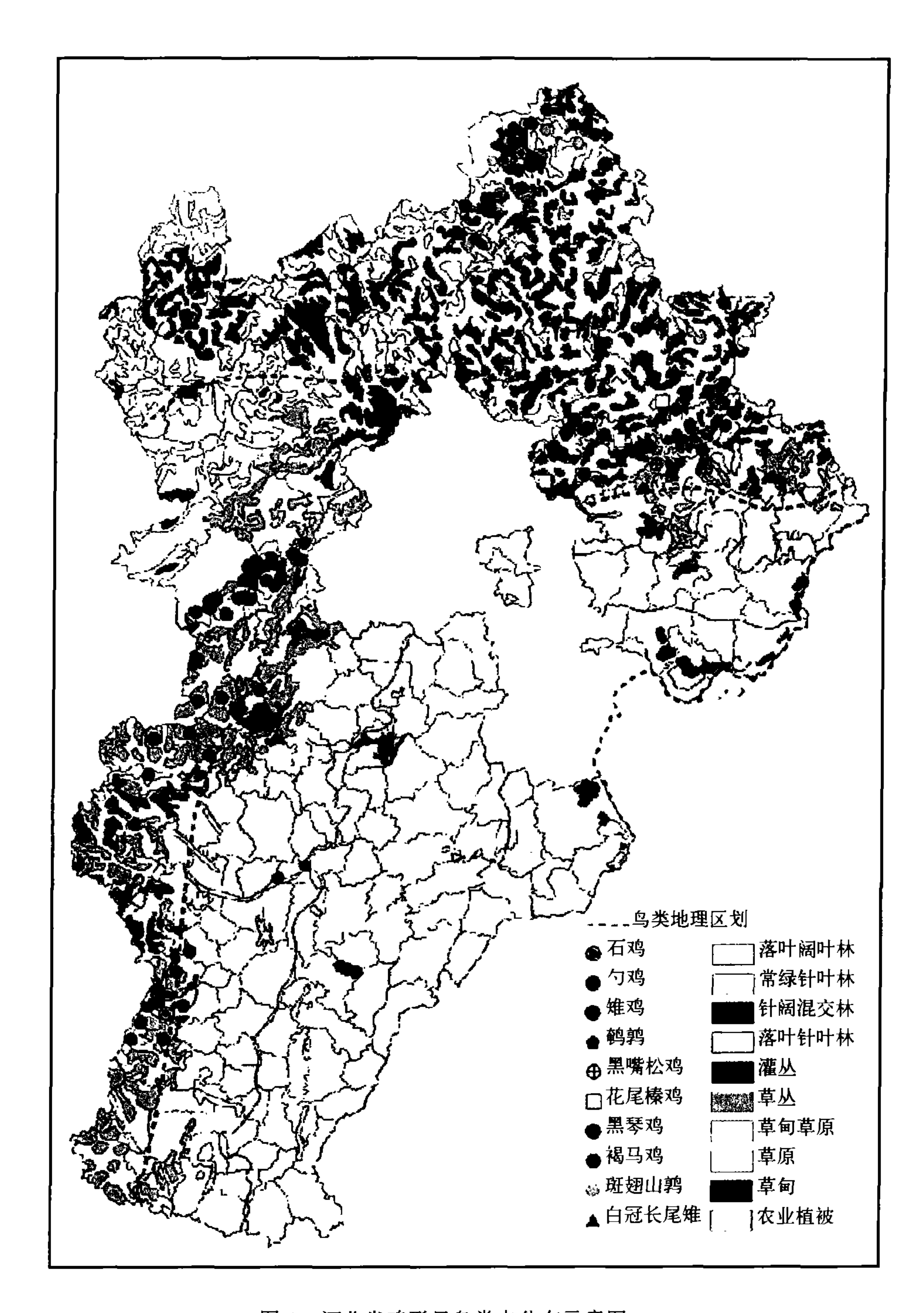


图 2 河北省鸡形目鸟类点分布示意图
Fig.2 Dot distribution of the Galliformes in Hebei Province

海海岛区的衡水湖湿地和南大港湿地的鸟类多样性较高，其次为坝上高原区的滦河上游自然保护区和小五台山国家级自然保护区（Li et al，2003）。其原因是平原区和滨海海岛区内湿地类型较多，典型的湿地、沼泽、虾池、水域及滨海滩涂为湿地鸟类提供了良好的栖息和生存环境。与湿地鸟类的分布不同，鸡形目鸟类主要分布于山地森林或森林草原的过渡地带，坝上高原和燕山太行山山地区鸡形目的物种丰富度和物种多样性高于平原区和滨海海岛区。

4.2 RS 和 GIS 技术在鸟类分布格局研究中的优势、局限和作用

利用GIS技术可以分析鸡形目鸟类的适宜生境，剔除某类鸟不适宜的生境类型；还可以提取并

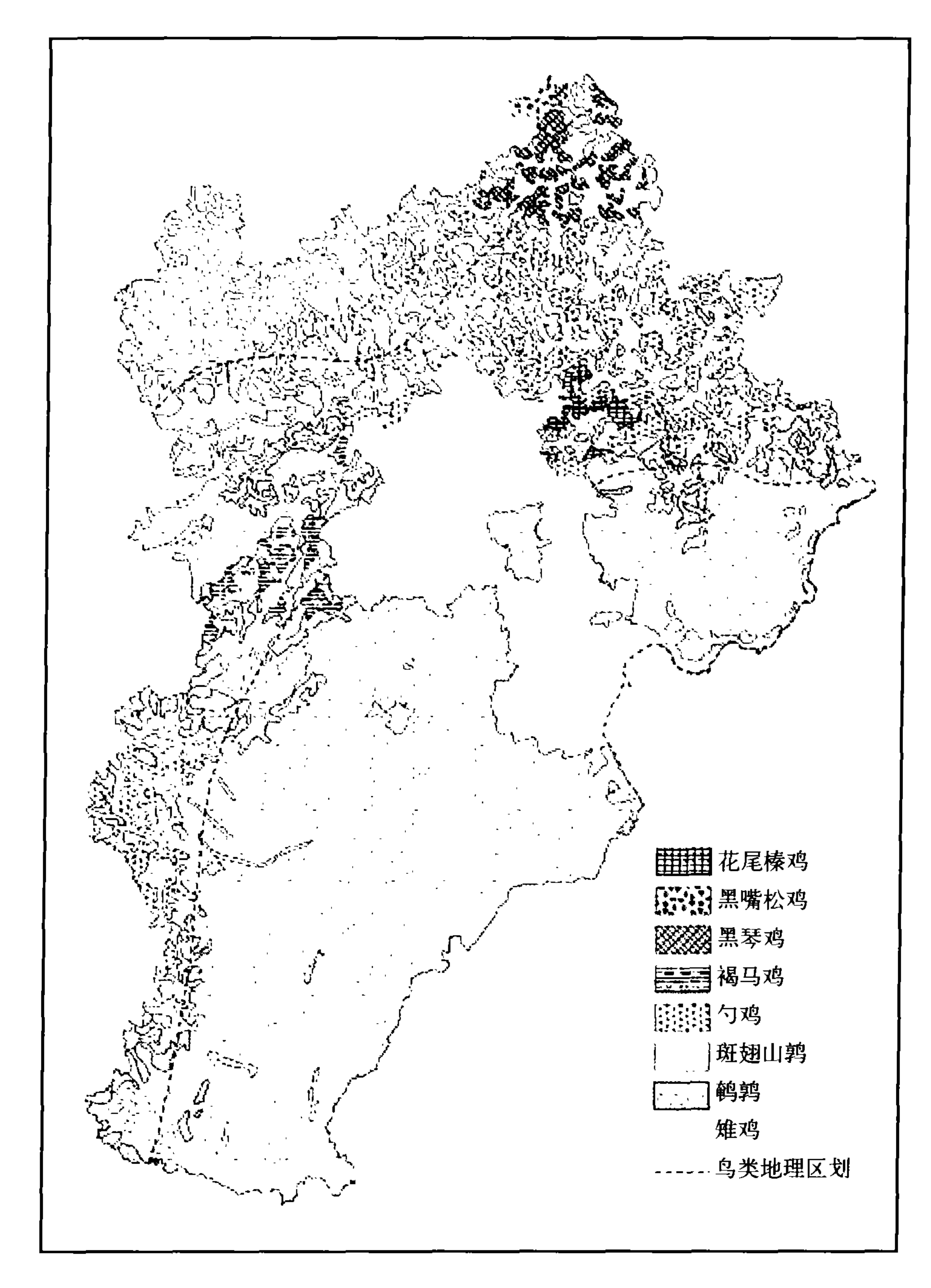


图3 河北省鸡形目鸟类分布格局预测图
Fig.3 Predicated distribution of the Galliformes in Hebei Province

预测那些较为偏僻的、很少有人去调查的地区的鸟类分布图（Zhou et al，1999），进而预测鸡形目鸟类的总体分布格局。而这种预测在一定程度上体现了其实际分布，因此，比传统的点分布图更全面、客观。从图2可以看出，点分布图中点的分布不均，呈现明显丛集的局域性分布现象。其原因可能是着重调查地区多集中在点丛集地区，还可能是记载的地理范围转换为地理坐标时的偏差所致。另外，图中含有很多空白区，但空白区并不意味着没有物种分布，只是目前缺乏考察资料而已。因此，该技术的完善仍然有赖于充分全面的考察资料。除植被特征和地形地貌特征外，气候、水、光照等其他环境因子也决定动物的地理分布，应在以后的研究中把这些因子添加到GIS数据库和动物分布格局的相互关系分析中。

动物的地理分布格局是动物在长期进化中与外

界环境相适应的结果。随着人类活动范围的扩大，动物的生存和栖息的环境已经受到影响或者干扰甚至破坏。近年来，人类活动导致生境丧失是对生物多样性的最大威胁。而保护单一物种对保护生物多样性的作用十分有限，应从保护众多的普通物种开始（Noss & Cooperrider，1994）。欲保护鸡形目鸟类，又首先要保护它们的栖息环境。通过预测鸟类分布，确定某种鸟的适宜生境，为以后鸟类的人工引种提供重要的科学依据，从而更科学合理地保护鸟类资源。

参考文献：

Austin GA, Thomas CJ, Houston DC, Thompson DB. 1996. Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using a geographical information system and remote sensing [J]. *Journal of Applied Ecology*, **33**: 1541-1550.

Gee NG. 1926. A Tentative List of Chinese Birds [Z]. Peking Soc. Nat. Hist. Bull.

Hou JH, Wu ML, Li JT, Hu YF, Zhang XZ. 1997. Research on avifauna in Saihanba of Hebei [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **32** (5): 20-25. [侯建华，武明录，李经天，胡永富，张向忠. 1997. 河北塞罕坝地区鸟类区系调查. 动物学杂志，**32** (5): 20-25.]

Lauver CL, Busby WH, Whistler JL. 2002. Testing a GIS model of habitat suitability for a declining grassland bird [J]. *Environmental Management*, **30** (1): 88-97.

Lei FM, Lu JL, Liu Y, Qu YH, Yin ZH. 2002. Endemic birds species to China and their distribution [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **48** (5): 599-610. [雷富民，卢建利，刘 耀，屈延华，尹祚华. 2002. 中国鸟类特有种及其分布格局. 动物学报，**48** (5): 599-610.]

Li CQ, Wu YF, Wu ML. 1996. Research on the Terricolous Vertebrates in the Reserves of Wuling Mountains and Xiaowutai Mountains [M]. Beijing: China Science & Technology Press. [李春秋，吴跃峰，武明录. 1996. 雾灵山、小五台山自然保护区陆生脊椎动物研究. 北京：中国科学技术出版社.]

Li DM, Wu YF, Sun LH, Zhang YW, Gao QH, Wu LN, Dong JX. 2003. Analysis on avian-mammalian species diversity in different areas in Hebei Province [J]. *Geography and Geo-Information Science*, **19** (6): 80-82. [李东明，吴跃峰，孙立汉，张彦威，高庆华，武丽娜，董建新. 2003. 河北区域鸟兽物种多样性分析. 地理与地理信息科学，**19** (6): 80-82.]

Li DQ, Jiang ZG, Wang ZW. 1999. Impacts of human activities on the distribution of the critically endangered Przewalski's gazelle [J]. *Acta Ecologica Sinica*, **19** (6): 890-895. [李迪强，蒋志刚，王祖望. 1999. 人类活动对普氏原羚分布的影响. 生态学报，**19** (6): 890-895.]

Li WJ, Wang ZJ. 2000. A wintering habitat model for Red Crown Crane [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **11** (6): 839-842. [李文军，王子健. 2000. 丹顶鹤越冬栖息地数学模型的建立. 应用生态学报，**11** (6): 839-842.]

Li ZX, Li HG, Lu F. 1996. Evaluation of Asian elephant's habitat [J]. *Remote Sensing of Environment*, **11** (2): 108-116. [李芝喜，李红旮，陆 锋. 1996. 亚洲象生境评价. 环境遥感，**11** (2): 108-116.]

Noss RF, Cooperrider AY. 1994. Saving Nature's Legacy: Protection and Restoring Biodiversity [M]. Washington: Island Press.

Qu JH, Lei FM, Yin ZH. 2002. Habitat distribution of Snow Finches (*Montif ringilla*) in China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **48** (4): 471-479. [屈延华，雷富民，尹祚华. 2002. 雪雀属鸟类栖息地在中国的分布. 动物学报，**48** (4): 471-479.]

Scott JM, Davis F, Csuti B. 1993. Gap analysis: A geographical approach to protection of biological diversity [J]. *Wildlife Monographs*, **123**: 1-41.

Shaw TH. 1936. The Birds of Hopei Province [M]. Peiping: Yu Lien Press.

Smith AP, Horning N, Moore D. 1997. Regional biodiversity planning and lemur conservation with GIS in western Madagascar [J]. *Conservation Biology*, **11** (2): 498-512.

Sun JB, Shu N, Guan ZQ. 1997. The Principles, Methods and Application of Remote Sensing [M]. Beijing: Mapping Press. [孙家柄，舒 宁，关泽群. 1997. 遥感原理方法和应用. 北京：测绘出版社.]

Sun LH, Zhuang YN. 1992. The Aves distribution and geographical division in Hebei Province [J]. *Geography and Territorial Research*, **8** (2): 46-50. [孙立汉，庄永年. 1992. 河北省鸟类分布与地理区划. 地理学与国土研究，**8** (2): 46-50.]

Zhang LQ, Li CQ. 1999. Progress of Black Grouse (*Lyrurus tetrix*) Biology: Ⅰ. Distribution, subspecies, diet, habitation selection and behavior [J]. *Journal of Hebei Normal University (Natural Science)*, **23** (2): 259-262. [张录强，李春秋. 1999. 黑琴鸡（*Lyrurus tetrix*）生物学研究进展（Ⅰ）：地理分布、亚种分化、食性、生境选择及其行为. 河北师范大学学报（自然科学版），**23** (2): 259-262.]

Zhao HF, Lei FM. 2002. Birds as monitors of environmental change [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **37** (6): 74-75. [赵洪峰，雷富民. 2002. 鸟类用于环境监测的意义及研究进展. 动物学杂志，**37** (6): 74-75.]

Zhao YM, Li CQ, Wu YF. 1997. Studies on the habitat selection of black grouse (*Lyrurue tetrix*) in Weichang, Hebei Province [J]. *Acta Zoologica Sinica*, **43** (suppl.): 79-82. [赵彦民，李春秋，吴跃峰. 1997. 河北围场黑琴鸡生境选择的研究. 动物学报，**43** (增刊): 79-82.]

Zhao ZJ. 2001. A Handbook of the Birds of China (volume Ⅰ: non-passerines) [M]. Changchun: Jilin Science & Technology Press. [赵正阶. 2001. 中国鸟类志，上卷，非雀形目. 长春：吉林科学技术出版社.]

Zheng GM, Wang QS. 1998. China Red Data Book of Endangered Animals: Aves [M]. Beijing: Sciences Press. [郑光美，王岐山. 1998. 中国濒危动物红皮书，鸟类. 北京：科学出版社.]

Zheng JB. 1988. Hebei Forest [M]. Beijing: China Forestry Press. [郑均宝. 1988. 河北森林. 北京：中国林业出版社.]

Zheng ZX. 2002. The Systemic Classification of the Chinese Birds [M]. Beijing: Sciences Press. [郑作新. 2002. 中国鸟类系统检索. 北京：科学出版社.]

Zhou LZ, Li DQ, Ma Y. 1999. The application of GIS technique in animal diversity research [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **34** (5): 52-56. [周立志，李迪强，马 勇. 1999. 地理信息系统（GIS）在动物多样性研究中的应用. 动物学杂志，**34** (5): 52-56.]

Zhou LZ, Ma Y. 2002. Distribution patterns of rodent diversity in arid regions of west China [J]. *Biodiversity Science*, **10** (1): 44-48. [周立志，马 勇. 2002. 中国西部干旱地区啮齿动物多样性分布格局. 生物多样性，**10** (1): 44-48.]